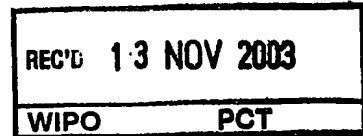


#2

**PRIORITY  
DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 102 46 783.8

**Anmeldetag:** 8. Oktober 2002

**Anmelder/Inhaber:** Stotz Feinmesstechnik GmbH, Gerlingen/DE

**Bezeichnung:** Verfahren und Vorrichtung zum Handhaben  
von Objekten

**IPC:** B 25 J, G 05 D, G 08 C

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der  
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 14. Oktober 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

  
Faust

Verfahren und Vorrichtung zum Handhaben von Objekten

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Handhaben von Objekten nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 beziehungsweise des Anspruchs 19.

10

Bekannt ist, zum Handhaben von Objekten einen Roboter einzusetzen. Ein Roboter mit beispielsweise einem Greifarm kann zum Be- und Entladen, wie zum Bestücken von Produktionsvorrichtungen mit zu bearbeitenden Werkstücken genutzt werden. Der Roboter kann ferner selbst zur Montage dienen, wie zum Beispiel zum Schweißen, da ein Roboterarm mit

15

Werkzeugen versehen werden und auch komplizierte Manipulationen ausführen kann. Um den Roboterarm im Raum zu bewegen, sind lineare x-, y- und z-Messweggeber und Winkelkodierer vorgesehen, die mit einem Steuerrechner in Verbindung stehen. Verschmutzungen der Messweggeber und Winkelkodierer durch in Produktionshallen verwendetes Wasser, Öl

20

und dort anfallende Späne können jedoch zu Betriebsstörungen des Roboters führen, durch die ein genaues Positionieren des Roboterarms nicht mehr gewährleistet ist.

25

Aufgabe der Erfindung ist es, eine verbesserte Vorrichtung und ein verbessertes Verfahren zum Handhaben von Objekten anzugeben, mit denen die oben genannten Nachteile zumindest weitestgehend beseitigt werden.

Die Lösung der Aufgabe erfolgt durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche.

5 Die Aufgabe wird insbesondere dadurch gelöst, dass bei einem Verfahren zum Handhaben von Objekten, bei dem mindestens ein Arm eines Handhabungssystems zum Handhaben mindestens eines Objekts im Raum relativ zu einem, insbesondere festen, Bezugssystem bewegt wird, die Positionen des Arms durch ein Ortungsverfahren in Bezug auf das durch das zugehörige Ortungssystem festgelegte Bezugssystem bestimmt werden.  
10

Die Verwendung des Ortungsverfahrens ermöglicht eine sehr exakte Ermittlung der Positionen des Armes des Handhabungssystems, ohne dafür störungsanfällige Messweggeber und Winkelkodierer einsetzen zu müssen.  
15 Gleichzeitig können Raumpunkte wesentlich genauer mit dem Arm angesteuert werden. Dies hat zur Folge, dass ungenaue Manipulationen des Arms und - wenn das Handhabungssystem in der Produktion eingesetzt wird - damit auch die Erzeugung von Ausschuss vermieden werden können. Durch das Ortungsverfahren erfolgt die Positionsbestimmung zudem  
20 wesentlich schneller als über die bisher verwendeten Messweggeber und Winkelkodierer.

Zur Ortung des Arms kann mindest ein physikalisches Feld, insbesondere ein akustisches, optisches und/oder elektromagnetisches Feld, aufgebaut  
25 werden. Dazu werden mehrere Geber als Feldquellen des physikalischen Feldes, beispielsweise Quellen für sichtbares und/oder unsichtbares Licht, deren Positionen das Bezugssystem für das Ortungsverfahren festlegen, im Raum um das Handhabungssystem herum positioniert. Ferner

ist der Arm mit mindestens einem Sensor für das physikalische Feld ausgestattet. Da die Ausbreitungsgeschwindigkeit des physikalischen Feldes bekannt ist, kann die Entfernung zwischen den Gebern und dem Arm des Handhabungssystems aus der Signallaufzeit exakt bestimmt werden. Um die Position des Arms möglichst genau zu bestimmen, ist es günstig, eine hohe Anzahl von Gebern im Raum zu verteilen. Dies ermöglicht die Bestimmung der Position des Arms mit einer Genauigkeit von etwa bis zu  $\pm 1 \mu\text{m}$ . Wegen der Verwendung des Ortungssystems kann das erfindungsgemäße Handhabungssystem zudem wesentlich einfacher aufgebaut sein als bekannte Handhabungsvorrichtungen.

Es ist besonders vorteilhaft, wenn zur Ortung des Arms ein unidirektionales Ortungssystem, insbesondere nach Art des so genannten Global Positioning Systems, GPS, verwendet wird. Dabei wird mittels der Laufzeit der Signale zwischen den Gebern und entsprechenden Sensoren an dem Arm des Handhabungssystems eine Einweg-Entfernungsmessung durchgeführt. Auf diese Weise wird der Messfehler klein gehalten und die Ermittlung der Position des Arms kann sehr genau durchgeführt werden.

In einer Ausführungsform kann ein Roboterarm als der Arm eingesetzt werden. Damit können die oben dargelegten Vorteile auch bei Industrierobotern erzielt werden. Dies ist insbesondere beim Einsatz des Roboters an gefährlichen Arbeitsplätzen von Bedeutung, beispielsweise in Kühlbecken von Atomkraftwerken. Das erfindungsgemäße Verfahren und das zugehörige Handhabungssystem kann nämlich auch unter Wasser eingesetzt werden, da das Ortungssystem im Gegensatz zu den linearen Messweggebern und Winkelkodierern der bekannten Systeme unter Wasser zuverlässig funktioniert.

Dabei kann als der Arm ein Greifarm eines Roboters eingesetzt werden, der das Objekt aufnimmt und/oder bewegt. Dies ermöglicht vielfältige Manipulationen des Objektes, so dass im günstigen Fall nur ein Roboter  
5 alle nötigen Manipulationen des Objektes im Raum übernehmen kann.

Des Weiteren kann ein auswechselbares oder fest am Arm vorgesehenes Werkzeug im Raum als Objekt gehandhabt werden. Somit ermöglicht das erfindungsgemäße Verfahren nicht nur die Manipulation von Objekten,  
10 sondern auch deren Bearbeitung, beispielsweise Montage- und Schweißarbeiten.

Vorteilhaft ist es dabei, wenn die relative Orientierung des Werkzeugs zum Arm, insbesondere vom Ortungssystem unabhängig, bestimmt wird.  
15 Dadurch kann der Arbeitspunkt des Werkzeugs an einem zu bearbeitenden Objekt sehr exakt angesteuert werden. Soll die Orientierungsbestimmung unabhängig vom Ortungssystem erfolgen, ist im Werkzeug und/oder im Arm des Handhabungssystems mindestens ein vom physikalischen Feld des Ortungssystems unabhängiger Sensor, beispielsweise ein  
20 Abstandssensor, angeordnet.

In einer weiteren Ausführungsform kann das Werkzeug drahtlos, insbesondere induktiv oder mittels eines Akkumulators, mit Energie versorgt werden. Zudem können Steuerungsdaten des Werkzeugs drahtlos, insbesondere induktiv oder per Funk, übertragen werden. Auf diese Weise kann  
25 das Werkzeug am Arm des Handhabungssystems einfach dadurch ausgetauscht werden, dass ein am Arm vorgesehenes Greifelement ein erstes Werkzeug freigibt und ein anderes Werkzeug aufnimmt, da die Werkzeuge

eine autonome Energieversorgung und/oder eine autonome Steuerung besitzen.

5 Ferner ist es von Vorteil, wenn das Ortungssystem durch Selbstkalibrierung kalibriert wird. Dies ermöglicht eine in kurzen Zeitabständen durchgeführte Neukalibrierung des Ortungssystems.

10 Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in der nachfolgenden Figurenbeschreibung, den Zeichnungen und den Unteransprüchen angegeben.

Nachfolgend wird die Erfindung rein beispielhaft unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung beschrieben. Es zeigt:

15 Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung in schematischer Darstellung.

20 Die in Fig. 1 gezeigte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung umfasst einen Roboter 10, im Raum um den Roboter verteilte Geber 12 und einen Steuerrechner 14.

Der Roboter 10 ist auf einem Werk Tisch 15 montiert und besitzt einen Greifarm 16, an dessen freiem Ende ein Greifer 18 vorgesehen ist. Der  
25 Greifer 18 dient zum einen dazu, Werkstücke 20 von einem Zuführband 22 aufzunehmen und auf dem Werk Tisch 15 abzulegen, sowie nach ihrer Bearbeitung auf Abföhrbänder 24 zu übertragen. Zusätzlich kann zum anderen mit dem Greifer 18 ein Werkzeug von der Werkzeugablage 26

aufgenommen und eines der Werkstücke 20 auf dem Werk Tisch 15 bearbeitet werden.

Die Geber 12 sind sowohl im Raum, als auch auf dem Messtisch 15 angeordnet. Sie senden ein elektromagnetisches Feld aus, beispielsweise ein Funksignal, insbesondere ein GPS-Signal.

Im oder am Greifer 18 ist ein hier nicht dargestellter Feldsensor für das von den Gebern 12 erzeugte elektromagnetische Feld vorgesehen. Außerdem weist der Greifer 18 ein nicht dargestelltes Sende- und Empfangselement auf, das die vom Feldsensor empfangenen Signale der Geber 12 an ein Sende- und Empfangsmodul 28 des Steuerrechners 18 überträgt.

Die von der Werkzeugablage 26 aufgenommenen Werkzeuge besitzen eine drahtlose, hier nicht dargestellte Energieversorgung, und ein ebenfalls nicht dargestelltes Sende- und Empfangselement für die drahtlose Kommunikation mit dem Steuerrechner 14. Infolgedessen kann ein Werkzeug unmittelbar nach der Aufnahme durch den Greifer 18 zur Bearbeitung des Werkstücks 20 eingesetzt werden.

Der Steuerrechner 14 dient zur Verarbeitung der Signale der Geber 12, wie auch zur Berechnung der Steuersignale der Geber 12, des Roboters 10 und der Werkzeuge von der Werkzeugablage 26. Dazu empfängt das Sende- und Empfangsmodul 28 des Steuerrechners 14 die Signale der Geber 12 und sendet zudem Steuersignale an die Geber 12, den Roboter 10 und ein von der Werkzeugablage 26 aufgenommenes Werkzeug. Außerdem empfängt das Sende- und Empfangsmodul 28 die Signale des Feldsensors,

der zum Erfassen des elektromagnetischen Feldes der Geber 12 am Greifer 18 vorgesehen ist.

Zur Feinpositionierung eines vom Greifer 18 aufgenommenen Werkzeugs ist im Greifer 18 ein Abstandssensor vorgesehen, der vom elektromagnetischen Feld der Geber 12 unabhängig ist. Mit diesem Abstandssensor kann die Orientierung des Werkzeugs relativ zum Greifer 18 beziehungsweise zum Greifarm 16 gemessen werden. Sollte die Orientierung des Werkzeugs zum Greifarm 16 für eine Bearbeitung des Werkstücks 20 nicht optimal sein, kann dies einfach durch geeignete Bewegungen des Greifarms 16 beziehungsweise seiner Armsegmente ausgeglichen werden. Dazu besitzt der Abstandssensor ein nicht dargestelltes Sende- und Empfangselement, das mit dem Sende- und Empfangsmodul 28 des Steuerrechners in Verbindung steht, so dass die Koordinierung der Bewegungen des Greifarms 16 unter Berücksichtigung der relativen Orientierung des Werkzeugs zum Greifarm 16 vom Steuerrechner 14 durchgeführt werden kann.

Zur Bearbeitung eines Werkstücks 20, wird das erste zu bearbeitende Werkstück 20 auf dem Zuführband 22 vom Greifer 18 des Roboters 10 aufgenommen und auf dem Werkstück 15 abgelegt. Dort wird das Werkstück 20, beispielsweise durch einen Elektromagneten, auf dem Tisch fixiert. Sodann ergreift der Greifer 18 ein Werkzeug der Ablage 26, das zur gewünschten Bearbeitung des Werkstücks 20 benötigt wird. Da das Werkzeug eine eigene Energieversorgung besitzt und eigenständige Steuersignale empfängt, ist es, gleich nachdem es der Greifer aufgenommen hat, einsetzbar. Der Roboter 10 bewegt nun seinen Greifarm 16 zum Werkstück 20, unter Berücksichtigung der relativen Orientierung des Werkzeugs zum Greifer 18, um das Werkstück 20 auf geeignete Weise zu bear-



beiten. Nach Beendigung dieses Bearbeitungsschrittes wird das Werkstück 20, nachdem der Greifarm 16 das Werkzeug wieder auf der Werkzeugablage 26 positioniert hat, vom Greifarm 16 auf eines der Abföhrbänder 24 übertragen, um das Werkstück 20 dann einem nachfolgenden Arbeitsschritt zuzuföhren.

Die zum beschriebenen Arbeitsschritt nötigen Bewegungen des Greifarms 16 werden vom Steuerrechner 14 gesteuert, indem er die vom Feldsensor des Greifers 18 empfangenen Signale der Geber 12 zur Berechnung der Position des Greifers 18 verwendet. Die Entfernungen zwischen dem Feldsensor und den Gebern 12 werden aus dem Produkt der Ausbreitungsgeschwindigkeit des elektromagnetischen Feldes, die bekannt ist, und der Laufzeit des jeweiligen Signals bestimmt. So können die aktuellen Positionen des Greifers 18 relativ zu den Gebern 12 bestimmt werden, während der Greifarm 16 im Einsatz ist. Auf diese Weise können die Positionen des Greifarms 18 im Raum sehr genau ermittelt und zudem gewünschte Positionen exakt angesteuert und eingestellt werden.

Vor allem ermöglicht die erfindungsgemäße Vorrichtung und das erfindungsgemäße Verfahren wegen der Verwendung des Ortungssystems beziehungsweise des Ortungsverfahrens eine Bestimmung der Position des Greifarms 18 beziehungsweise des Greifers 16 mit einer Genauigkeit von bis zu  $\pm 1 \mu\text{m}$ .

Als Geber 12 für das elektromagnetische Feld können alternativ auch Lichtquellen oder Schallquellen, beispielsweise Ultraschallquellen, alleine oder miteinander kombiniert verwendet werden. Die Feldsensoren am Greifarm 16 können dann aus optischen beziehungsweise akustischen

Interferometern bestehen, die zur Positionsbestimmung Phasenverschiebungen ermitteln.

5 Ein Feldsensor für das elektromagnetische Feld der Geber 12 kann zur Positionsbestimmung nicht nur im oder am Greifarm 16 und/oder im oder am Greifer 18 vorgesehen sein, sondern auch in den Werkzeugen der Werkzeugablage 26.

10 Das beschriebene Handhabungssystem beziehungsweise Handhabungsverfahren kann beispielsweise auch in Atomkraftwerken unter Wasser eingesetzt werden.

Bezugszeichenliste

	10	Roboter
	12	Geber
5	14	Steuerrechner
	15	Werkstück
	16	Greifarm
	18	Greifer
	20	Werkstück
10	22	Zuführband
	24	Abführband
	26	Werkzeugablage
	28	Sende- und Empfangsmodul

Zusammenfassung

5

Es ist ein Verfahren zum Handhaben von Objekten angegeben, bei dem die Positionen eines Arms eines Handhabungssystems durch ein Ortungsverfahren in Bezug auf das durch das zugehörige Ortungssystem festgelegte Bezugssystem bestimmt werden. Außerdem ist eine entsprechende

10

Vorrichtung zum Handhaben von Objekten angegeben.

**Patentansprüche**

1. Verfahren zum Handhaben von Objekten,  
bei dem mindestens ein Arm eines Handhabungssystems zum Handhaben mindestens eines Objekts im Raum relativ zu einem, insbesondere festen, Bezugssystem bewegt wird,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Positionen des Arms durch ein Ortungsverfahren in Bezug auf das durch das zugehörige Ortungssystem festgelegte Bezugssystem bestimmt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass zur Ortung des Arms mindestens ein physikalisches Feld, insbesondere ein akustisches, optisches und/oder ein elektromagnetisches Feld, aufgebaut wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass zur Ortung des Arms ein unidirektionales Ortungssystem, insbesondere nach Art des so genannten Global Positioning Systems, GPS, verwendet wird.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,

dass ein Roboterarm als der Arm eingesetzt wird.

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als der Arm ein Greifarm eines Roboters eingesetzt wird, der das Objekt aufnimmt und/oder bewegt.
6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein auswechselbares oder fest am Arm vorgesehenes Werkzeug im Raum als Objekt gehandhabt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die relative Orientierung des Werkzeugs zum Arm, insbesondere vom Ortungssystem unabhängig, bestimmt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkzeug drahtlos, insbesondere induktiv oder mittels eines Akkumulators, mit Energie versorgt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass Steuerungsdaten des Werkzeugs drahtlos, insbesondere induktiv oder per Funk, übertragen werden.

10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Ortungssystem durch Selbstkalibrierung kalibriert wird.
11. Vorrichtung zum Handhaben von Objekten mit  
mindestens einem Arm zum Handhaben mindestens eines Objekts  
und  
Mitteln zur Feststellung der Position des Arms relativ zu einem, insbesondere festen, Bezugssystem,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass ein Ortungssystem zur Bestimmung der Position des Arms in  
Bezug auf das durch das Ortungssystem festgelegte Bezugssystem  
vorgesehen ist.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Ortungssystem mindestens ein Mittel zum Aufbauen eines  
physikalischen Feldes, insbesondere eines akustischen, optischen  
und/oder elektromagnetischen Feldes, aufweist.
13. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Ortungssystem als ein unidirektionales Ortungssystem,  
insbesondere nach Art des so genannten Global Positioning Systems,  
GPS, ausgebildet ist.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 13,  
dadurch gekennzeichnet,

dass der Arm als Roboterarm ausgebildet ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Roboterarm ein Greifelement aufweist, mit dem das Objekt  
aufnehmbar und/oder bewegbar ist.
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 15,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Objekt ein auswechselbares oder fest am Arm vorgesehenes  
Werkzeug ist.
17. Verfahren nach Anspruch 16,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass, insbesondere vom Ortungssystem unabhängige, Mittel zur Be-  
stimmung der relativen Orientierung des Werkzeugs zum Arm am  
oder im Arm und/oder am oder im Werkzeug vorgesehen sind.
18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 17,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass Mittel zur drahtlosen Energieversorgung des Werkzeugs vorge-  
sehen sind, insbesondere Mittel zur induktiven Energieversorgung  
oder ein Akkumulator.
19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 18,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass Mittel zur drahtlosen Übertragung von Steuerungsdaten des  
Werkzeugs vorgesehen sind, insbesondere Mittel zur induktiven Ü-



bertragung oder zur Übertragung per Funk.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 19,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass Mittel zur Selbstkalibrierung des Ortungssystems vorgesehen  
sind.

1/1

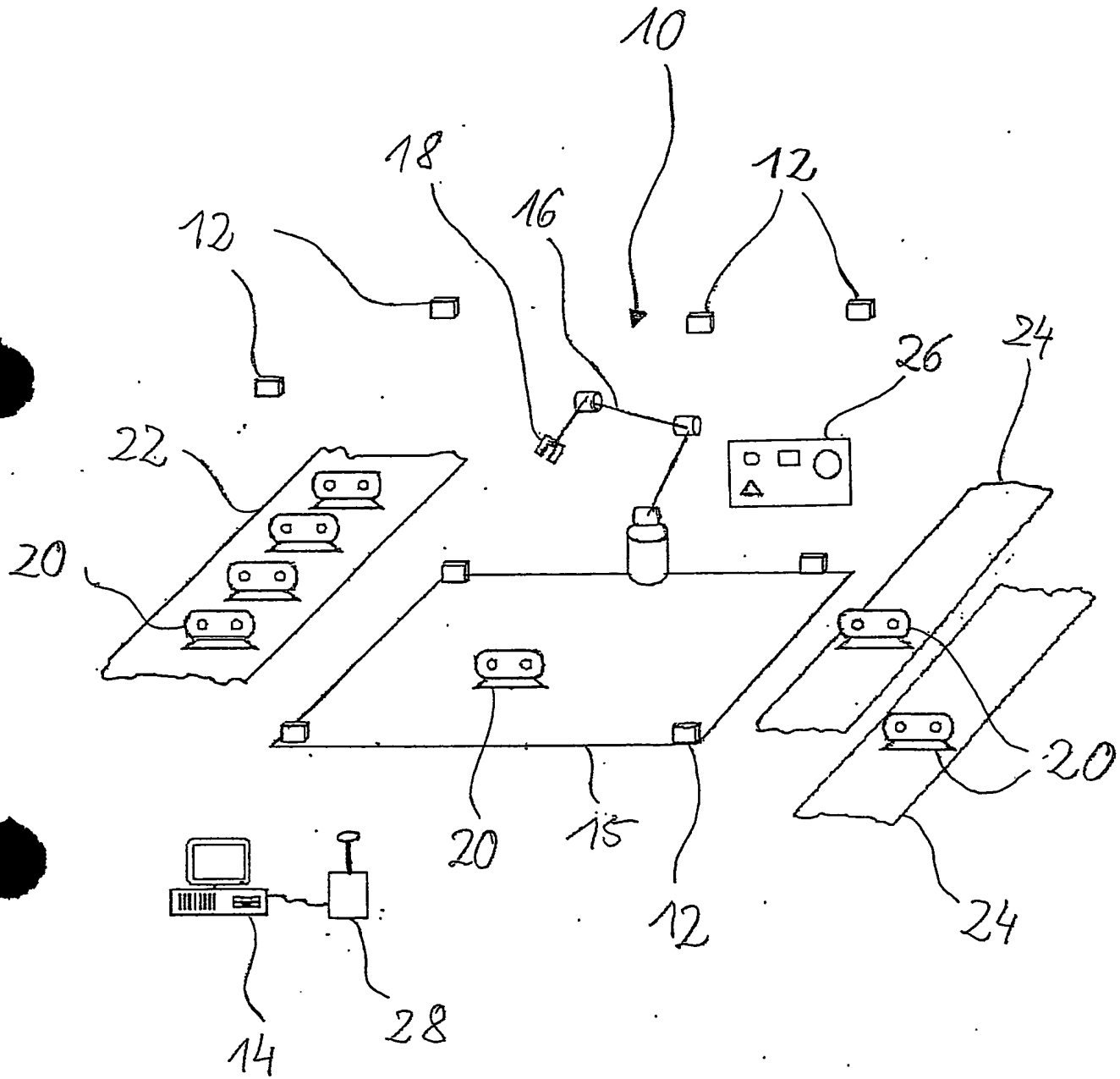


Fig. 1